

---

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: Elektronické informační a řídicí systémy

**Realizace multifunkčního robotického uchopovače  
pomocí stavebnice ROBOTIS**

**The implementation of multifunctional robotic  
gripper with ROBOTIS kit**

**Bakalářská práce**

Autor: **Jan Novotný**

Vedoucí práce: **Ing. Miroslav Holada, Ph.D.**

V Liberci



**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Novotný**  
Osobní číslo: **M09000076**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektronické informační a řídicí systémy**  
Název tématu: **Realizace multifunkčního robotického uchopovače pomocí stavebnice ROBOTIS**  
Zadávající katedra: **Ústav informačních technologií a elektroniky**

**Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :**

1. Seznamte se s stavebnicí Robotis.
2. Navrhněte multifunkční uchopovač s využitím servopohonů stavebnice Robotis, který bude použitelný v průmyslové praxi.
3. Návrh realizujte a otestujte.
4. Z testů vyhodnoťte možnosti reálného využití navrženého uchopovače.



Rozsah grafických prací: Dle potřeby dokumentace

Rozsah pracovní zprávy: cca 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

[1] NOVÁK, P.: Mobilní roboty - pohony, senzory, řízení. 1. vyd.; Ben -  
technická literatura,

[2] 2005, 256 stran, ISBN 80-7300-141-1

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Miroslav Holada, Ph.D.


Ústav informačních technologií a elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: 1. října 2011

Termín odevzdání bakalářské práce: 18. května 2012

  
prof. Ing. Václav Kopecký, CSC.  
děkan



  
prof. Ing. Zdeněk Pliva, Ph.D.  
pověřen vedením ústavu

V Liberci dne 1. října 2011

## **Prohlášení**

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom(a) toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum

Podpis

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval všem lidem, kteří se podíleli na řešení této práce a poskytovali mi konzultace a rady. Zvláště bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Miroslavu Holadovi, Ph.D. za trpělivost a podporu.

## **Abstrakt**

Cílem této bakalářské práce je seznámit se s stavebnicí Bioloid Premium Kit a vytvořit uchopovací zařízení, které bude schopno uchytit různé typy předmětů. Po seznámení s jednotlivými komponentami stavebnice bylo možné vytvořit uchopovač. K němu byl následně vytvořen ovládací software v jazyce C#. Po propojení uchopovače a počítače, na kterém byla spuštěna vytvořená aplikace, byly provedeny testy.

**Klíčová slova:** Bioloid Premium Kit, Robotický uchopovač, sériová linka, C#

## **Abstract**

The aim of this bachelor thesis was to become acquainted with the Bioloid Premium Kit construction set and to create a machine with the capability of grasping various shaped items. The thesis explores the possibilities of the design and construction of a suitable grasp machine, once a full understanding of particular components of the construction set is gained. The thesis thereafter analyses and investigates the creation of control software in C language. Tests were later carried out in which the grasp machine and a computer were connected, where the created application had been activated.

**Key words:** Bioloid Premium Kit, Robotic grasp machine, series line, C#



## Obsah

<u>1</u>	<u>Úvod</u>	9
<u>2</u>	<u>Historie robotiky</u>	10
<u>3</u>	<u>Základní pojmy robotiky</u>	12
<u>4</u>	<u>Obecné blokové schéma robota</u>	12
<u>5</u>	<u>Motorický subsystém</u>	14
<u>5.1</u>	<u>Základní kinematické konstrukce robotických ramen</u>	14
<u>5.2</u>	<u>Kartézská struktura</u>	14
<u>5.3</u>	<u>Cylindrická kinematická struktura</u>	15
<u>5.4</u>	<u>Sférická struktura (kulová struktura)</u>	16
<u>5.5</u>	<u>Angulární struktura</u>	17
<u>5.6</u>	<u>Pohony robotů</u>	18
<u>5.7</u>	<u>Uchopovací prostředky v robotice</u>	19
<u>6</u>	<u>Stavebnice Bioloid premium Kit</u>	20
<u>6.1</u>	<u>Motor AX-12</u>	20
<u>6.1.1</u>	<u>Popis komunikačního protokolu</u>	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
<u>6.1.2</u>	<u>Instrukční paket</u>	23
<u>6.1.3</u>	<u>Stavový paket( zpětný paket)</u>	24
<u>6.1.4</u>	<u>INSTRUKČNÍ SOUBOR</u>	25
<u>6.2</u>	<u>Řídicí jednotka CM-510</u>	26
<u>6.3</u>	<u>USB2Dynamixel</u>	27
<u>7</u>	<u>Antropomorfní chapadlo</u>	28

<u>8</u>	<u>Popis aplikace</u>	33
<u>9</u>	<u>Testování uchopovače a ovládacího softwaru</u>	34
<u>10</u>	<u>Závěr</u>	37
<u>11</u>	<u>Použitá literatura</u>	38

## **Seznam obrázků**

<u>Obrázek č. 1 Průmyslový robot UNIMATE [1]</u>	11
<u>Obrázek č. 2 Blokové schéma obecného robotu [4]</u>	13
<u>Obrázek č. 3 Kinematické schéma robotu pracujícího v cylindrickém souřadném systému.[2]</u>	16
<u>Obrázek č. 4: Kinematické schéma robotu pracujícího ve sférickém souřadném systému.[2]</u>	17
<u>Obrázek č. 5 Kinematické schéma robotu pracujícího v angulárním souřadném systému.[2]</u>	18
<u>Obrázek č.6 Motor AX-12[5]</u>	21
<u>Obrázek č.7 Motor AX-12 – řízení [5]</u>	22
<u>Obrázek č.8 Piny AX-12 [5]</u>	22
<u>Obrázek č.9 Poloduplexní UART [5]</u>	23
<u>Obrázek č.10 Instrukční paket [5]</u>	23
<u>Obrázek č.11 Stavový paket [5]</u>	24
<u>Obrázek č.12 Řídící jednotka CM-510 [6]</u>	26
<u>Obrázek č.13 USD2dynamixel [6]</u>	27
<u>Obrázek č. 14 Uchopovač</u>	29
<u>Obrázek č. 15 Uživatelské rozhraní</u>	33
<u>Obrázek č.16 Uchopení fotbalového míče</u>	34
<u>Obrázek č.17 Uchopení míčku na tenis</u>	35
<u>Obrázek č.18 Uchopení CD, hrníčku a plastové lahve</u>	35
<u>Obrázek č.19 Uchopení dálkového ovladače</u>	36

## Seznam tabulek

<u>Tabulka č. 1 Struktura chybového bytu</u>	24
<u>Tabulka č.2 Instrukční soubor</u>	25
<u>Tabulka č.3 Funkční požadavky</u>	30
<u>Tabulka č. 4 Nefunkční požadavky</u>	30
<u>Tabulka č.5 Metod a proměnné třídy Port</u>	31
<u>Tabulka č.6 Metody a proměnné třídy KontroPaketu</u>	32
<u>Tabulka č.7 Metody a proměnné třídy SeznamMotoru</u>	32

## 1 Úvod

Zvyšující se produktivita a výkonnost strojů a linek je moderní trend ve výrobě, který vede ke stále vyšší automatizaci. V rámci automatizace celé řady úkonů i celých výrobních procesů v různých odvětvích se čím dál tím více prosazují manipulátory a roboty. Prvotním cílem takové automatizace a robotizace je nahrazovat činnost člověka u monotónní, často se opakující činnosti, v náročných provozech nebo u zdraví nebezpečných procesů. Postupem doby se automatizace rozšiřovala do všech oborů lidské činnosti, kde se jejím přínosem stala nejen vyšší produktivita procesů, ale i jejich vyšší kvalita, nezávislá na lidském faktoru. Téměř ve všech technologiích přichází ke slovu montážní a manipulační technika v podání robotů a manipulátorů. Ty patří k nejrozšířenějším prvkům automatizace. Manipulátory a roboty nahrazují stále více lidského činitele a slouží k automatizaci technologického procesu.

Cílem této bakalářské práce je navrhnout a sestavit uchopovač ze stavebnice Bioloid Premium Kit a vytvoření ovládací software k tomuto uchopovači. A otestovat celý systém v praktických úlohách například uchopení míčku.

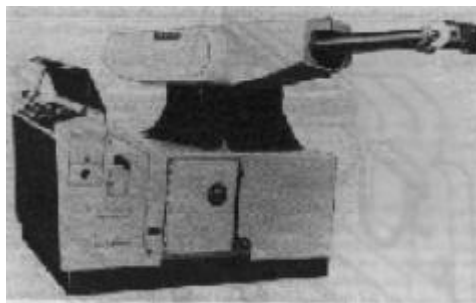
## **2 Robotika**

Antropomorfní chapadlo splňuje některé definice robota a robotika je spojena s uchopovací technikou. Při návrhu antropomorfního chapadla se postupuje podobně jako při navrhování robota, a proto je důležité znát historie robotiky, základní pojmy robotiky a blokové schéma robota.

### **2.1 Historie robotiky**

Po celá staletí byla většina lidstva odsouzena k celoživotní tvrdé a vyčerpávající fyzické práci. Nejlépe si to patrně uvědomíme, když se podíváme do některého z muzeí průmyslové revoluce (19. století), případně do skanzenu. Po celodenní dřině mohla být člověku útechou fantazie, ve které se dostával do světa bytostí a strojů, které pracovaly za něj samy - automaticky. Byl to svět létajících koberců, džinů, golemů a jiných bytostí. S rozvojem společnosti se začaly tyto sny uskutečňovat. Většinou snaha o automatické vykonávání práce vedla ke konstrukci automatických zařízení naprosto nepodobných člověku, nicméně snaha vyrobit umělého člověka – robota - provází a zřejmě bude provázet člověka ještě dlouhou dobu. Tak, jak se vyvíjela technika, měly první napodobeniny člověka (případně zvířete) podobu mechanickou. Známé jsou mechanické napodobeniny člověka – androidy švýcarských mistrů Piera a Henry Drozů (18. stol.). Jejich automat – písáček - byl schopen psát perem několik vět a velmi dobře napodoboval člověka. Mechanické napodobeniny zvířat – zooidy jsou ještě staršího data. Po věku mechaniky přispěla k vývoji robotů elektrotechnika. Rok 1920 je v robotice zásadním mezníkem. Poprvé se objevilo slovo robot ve hře Karla Čapka R.U.R. Slovo robot je tak dnes nejznámějším českým slovem na světě. Roboti té doby byli stále hříčky používané většinou na výstavách k přilákání pozornosti návštěvníků. Ale 20. století je století velmi racionální a začínají se objevovat první praktické aplikace, které spadají do oblasti robotiky, jsou to teleoperátory pro manipulaci s radioaktivními a jinými nebezpečnými materiály (1940-7). Pak už jde vývoj velmi rychle. V r. 1949 je zahájen výzkum numericky řízených obráběcích strojů. V r. 1961 je dán do provozu první průmyslový robot UNIMATE

u firmy General Motors. Vývoj tohoto robota je spojen se jmény G. Devol, J. Engelberger a universitou Columbia University U.S.A.



**Obrázek č. 1 Průmyslový robot UNIMATE [1]**

V r. 1964 jsou otevřeny laboratoře umělé inteligence (UI) na Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.), Stanford Research Institute (S.R.I.) a dalších institucích v USA. Mají se zabývat mj. využitím UI v robotice. V r. 1968 je postaven na S.R.I. mobilní robot Shakey vybavený viděním. V r. 1977 dává do prodeje své velmi zdařilé roboty evropská firma ASEA. V r. 1979 jsou uvedeni na trh roboti koncepce Selective Compliant Articulated Robot Arm (SCARA). Průmysloví roboti se stávají běžným prostředkem automatizace manipulačních operací především v automobilovém průmyslu. Průmysloví roboti jsou masivně používáni pro svařování plamenem, elektrickým obloukem, bodové svařování, jsou používány pro nanášení barev a všude tam, kde jsou manipulační operace pro člověka nebezpečné a zdraví škodlivé. Počáteční předstih USA ve výzkumu, ale hlavně ve využití robotů, přebírá Japonsko. Ročenka OSN uvádí v roce 2001 následující počty nasazených průmyslových robotů: 389 000 v Japonsku, 198 000 v Evropské unii a 90 000 v USA. Po roce 1980 začínají být první průmysloví roboti vybavováni počítačovým viděním, čidly hmatu a dalšími prvky, které zatím spadaly do oblasti výzkumu UI. V r. 1995 se objevuje první chirurgický robotický systém pro tzv. minimálně invazivní chirurgii. V r. 1997 je na Marsu vysazen robot Sojourner. Zhruba ve stejném období jsou položeny základy mezinárodním organizací Federation

of International Robot-soccer Association (FIRA) a RoboCup, které organizují soutěže robotů ve fotbale. Cílem těchto organizací je především urychlení výzkumu v robotice.

Exkurzi do historie uzavřeme citováním základních zákonů robotiky tak, jak je definoval spisovatel Issac Asimov již v r. 1950 v knize Já robot (I, Robot).

- Robot nesmí ublížit člověku nebo svou nečinností dopustit, aby člověku bylo ublíženo.
- Robot musí uposlechnout příkazů člověka, kromě případů, kdy tyto příkazy jsou v rozporu s prvním zákonem.
- Robot musí chránit sám sebe před zničením, kromě případů, kdy tato ochrana je v rozporu s prvním nebo druhým zákonem.

Tyto zákony, i když jsou definovány spisovatelem sci-fi literatury, by měl ctít každý výzkumník v oboru robotiky. [1]

## 2.2 Základní pojmy robotiky

**Robot** je automatický, nebo počítačem řízený integrovaný systém schopný autonomní cílově orientované interakce s přirozeným prostředím podle instrukcí od člověka. Tato interakce spočívá ve vnímání a rozpoznávání tohoto prostředí a v manipulování s předměty, popř. v pohybování se v tomto prostředí.

**Robotika** je speciální vědní disciplína, jejímž předmětem zájmu je studium vlastností a možností robotou a manipulátorů. Její dělení je na Teoretickou robotiku a Technickou robotiku.

**Teoretická robotika** se zabývá základními problémy funkce robotou, studiem jejich možností a laboratorními experimenty s nimi.

**Technická robotika** se zaměřuje na konkrétní problémy vývoje a konstrukce robotou a jejich aplikací v různých oblastech.[2]

**Kinematika** je část mechaniky, která se zabývá klasifikací a popisem různých druhů pohybu, ale nezabývá se jeho příčinami. Naproti tomu dynamika zkoumá pohyb z hlediska působení sil. Kinematika se tedy zaměřuje na sledování polohy, rychlosti apod.

Nesleduje však dynamické veličiny, jako např. hybnost a energii, kterými se zabývá dynamika.[3]

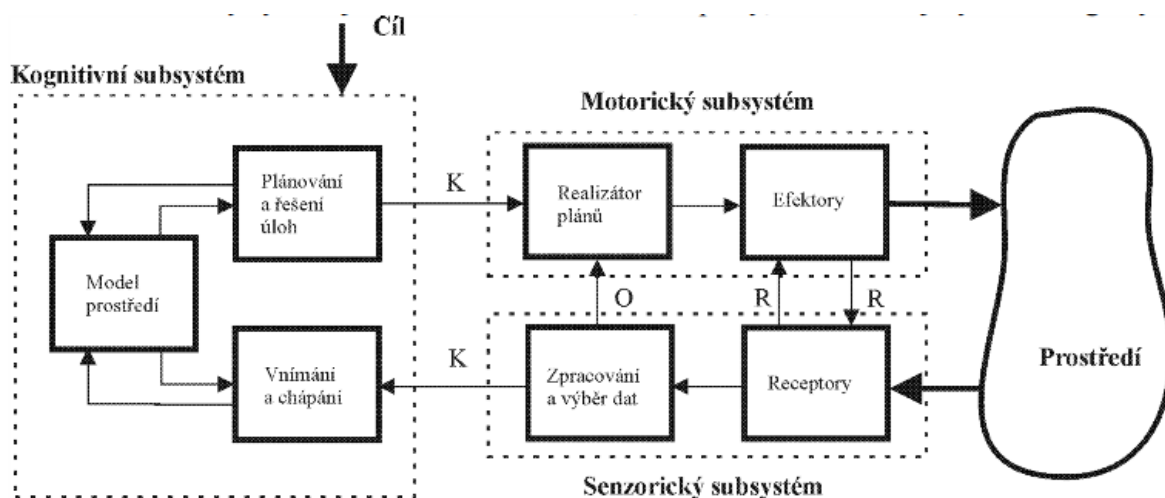
**přímá úloha kinematiky** – určuje polohu koncového členu ze znalosti úhlů natočení jednotlivých os a posunu jednotlivých ramen

**nepřímá úloha kinematiky** – určuje úhly natočení jednotlivých členů ze znalosti polohy koncového členu (složitější, více možných řešení)

## 2.3 Obecné blokové schéma robota

Robot , který by měl nahrazovat člověka musí být schopen fyzicky ovlivňovat prostředí ve kterém se robot nachází a v tomto prostředí se pohybovat . To zajišťuje jeho motorický subsystém, ten svými efekty prostředí ovlivňuje. Efekty také zajišťují pohyb robota v prostoru. Robot musí být schopen nějakým způsobem reagovat na prostředí a jeho změny , to zajišťuje senzorický subsystém . Nad těmito systémy je nadřazen kognitivní subsystém ve kterém probíhá rozhodovací a hlavní řídicí činnost . V tomto subsystému je ukryta inteligence robota . Senzorický systém je rozdělen na dvě části , receptory , které snímají fyzikální signály z prostředí a převádí je na vhodné vnitřní signály, druhou část tvoří systém zpracování a výběru dat ,který vybírá z takových signálů informace důležité pro robota . Příkladem může být snímání prostředí televizní kamerou a vyhodnocení tvaru a polohy předmětu ,který má robot uchopit . Motorický systém je rovněž rozdělen na dvě části, efekty které provádějí zásahy do prostředí a realizátor plánů ,podle kterým jsou efekty řízeny . Příkladem může být rameno robota , servomechanizmy a řídicí počítač ,který takové rameno řídí .Kognitivní subsystém představuje nadřazené inteligentní řízení .Tento subsystém provádí hlubší analýzu informace přicházející ze senzorického subsystému ,taková analýza již zahrnuje vnímání a chápání . Tato analýza vyžaduje , aby robot měl vybudován nějaký model prostředí a stanoven cíl práce Na základě této analýzy, modelu prostředí a cíle práce se zde také provádí řešení úloh a plán akcí , které nakonec robot provede. [4]





Obrázek č. 2 Blokové schéma obecného robotu [4]

## 2.4 Motorický subsystém

Pro funkci robota je bezpodmínečně nutné vytvořit dostatečně tuhou konstrukci sestávající . Bud' z ramene robota, nebo vozíku či chodícího mechanismu. Ramena robotou se využívají zpravidla k manipulačním, svařovacím a jiným činnostem jak již bylo uvedeno v úvodu. Druhou skupinu robotou tvoří mobilní roboty. Jsou reprezentovány kráčejičími mechanismy, pásovými či kolovými vozidly . Pro další potřeby poznamenejme, že kloubem rozumíme technické spojení dvou členů tak, aby mohly vůči sobě měnit polohu nebo orientaci. Nadále se bude zabývat především robotickými rameny.

## 2.5 Základní kinematické konstrukce robotických ramen

Kinematické konstrukce robotou se zpravidla dělí na tzv. polohovací subsystém a orientační subsystém. První z nich slouží pro umístění chapadla či technologické hlavice do

požadovaného místa v prostoru. Druhý z nich, pak zajišťuje správnou orientaci chapadla či technologické hlavice v prostoru podle požadavků zadavatele, kterým je zpravidla technolog nebo programátor. Základní kinematické struktury se dělí do čtyř nejčastěji užívaných případů. Jedná se o kartézskou, cylindrickou, sférickou a scara strukturu.

## **2.6 Kartézská struktura**

Jedná se o strukturu reprezentující klasický pravoúhlý souřadný systém. Používá se na úrovni jedné, dvou a tří dimenzí. Jednodimenzionální případ je představován např. různými vytahovacími zařízeními výlisků z lisovacích strojů ap. Dvoudimenzionální případ je reprezentován opět různými vytahovacími zařízeními, jednoduchými robotickými jeřáby atd. Nejvíce využívaný je případ tří dimenzí. Roboty tohoto typu se využívají velmi často ve funkci robotický portálových jeřábů v dílnách, ve kterých je nutno přenášet těžké předměty (motory automobilů, lodní hřídele, ocelové nosníky stavebních konstrukcí atd.). V dalším budeme používat zkratku T pro označení translačního, čili posuvného pohybu a zkratku R pro označení rotačního pohybu. Pro kartézskou strukturu je tedy charakteristické:

Kartézský pracovní prostor.

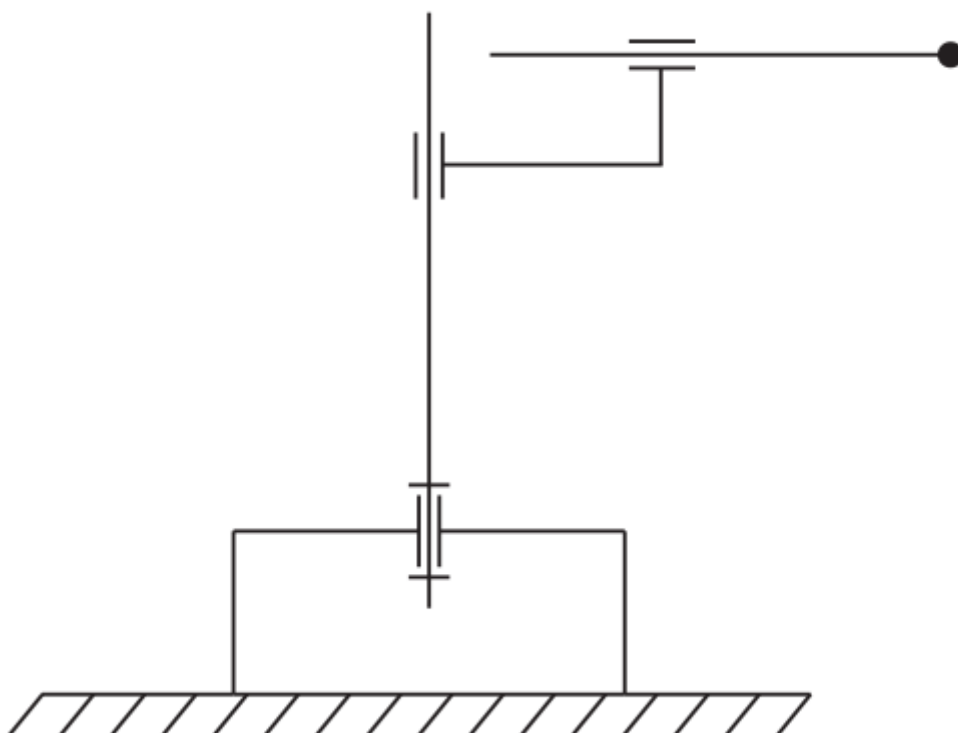
Struktura návaznosti pohybu: TTT-3° volnosti.

## **2.7 Cylindrická kinematická struktura**

Je charakterizována jedním rotačním a dvěma posuvnými klouby. Na obrázku č.3 naleznete standardní kinematické schéma robotu pracujícího v cylindrickém souřadném systému. Pro cylindrickou strukturu je tedy charakteristické:

Cylindrický pracovní prostor.

Struktura návaznosti pohybu: RTT-3° volnosti



Obrázek č. 3 Kinematické schéma robotu pracujícího v cylindrickém souřadném systému.[2]

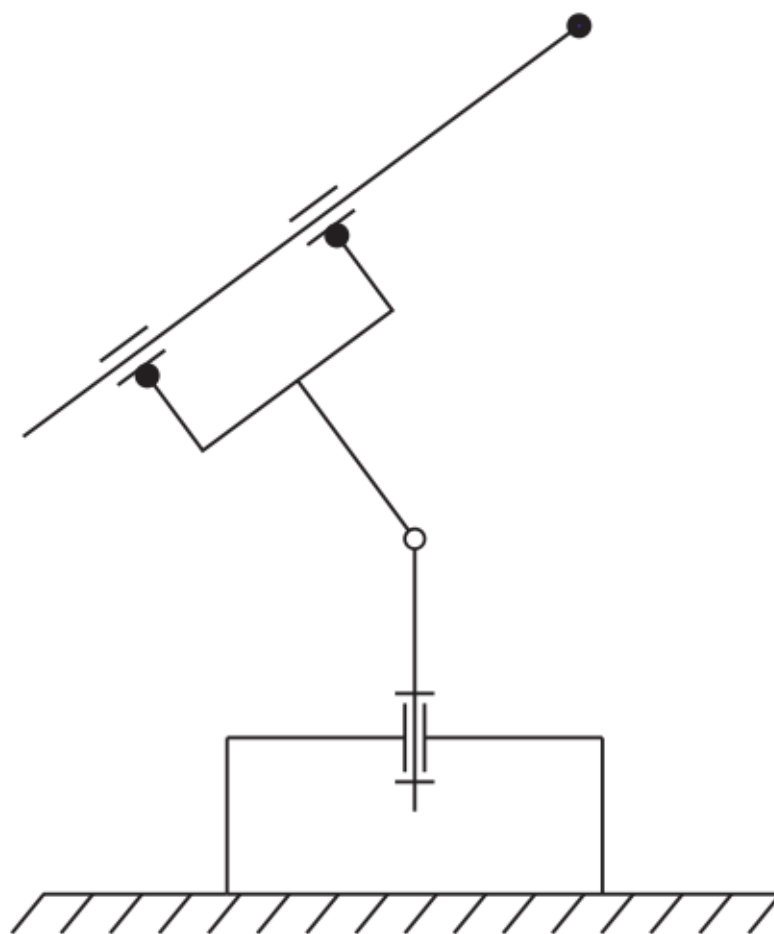
## **2.8 Sférická struktura (kulová struktura)**

V současnosti velmi užívanou strukturou je případ spojení pomocí dvou rotačních a jednoho posuvného kloubu. Typický případ je uvedený na obrázku č. 4. První a druhá rotační osa jsou ortogonální, třetí osa, reprezentující posuv posledního členu polohovacího mechanismu, je kolmá k ose druhé. Nejčastější využití těchto robotů představuje automobilový průmysl zejména operace svařování.

Pro sférickou strukturu je tedy charakteristické:

Sférický pracovní prostor.

Struktura návaznosti pohybu: RRT-3° volnosti



Obrázek č. 4: Kinematické schéma robotu pracujícího ve sférickém souřadném systému.[2]

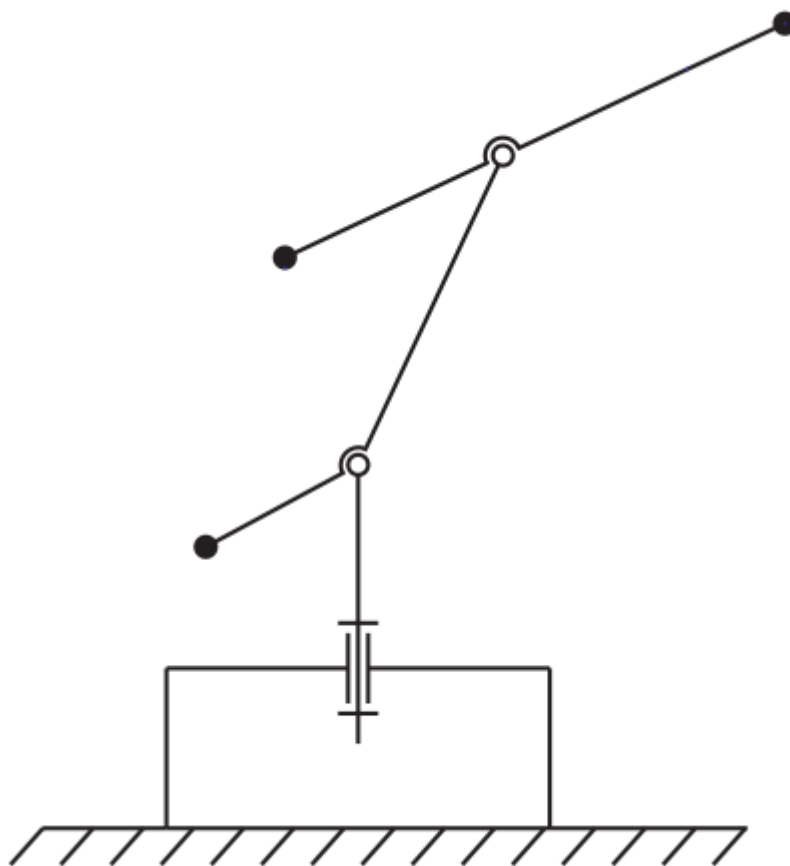
## 2.9 Angulární struktura

Spojení jednotlivých článků robota polohovacího subsystému lze provést též pomocí tří rotačních kloubů. Roboty tohoto typu vynikají vyšší manipulační obratností. Z hlediska řízení představují však nejobtížnější problém. Využívají se především jako manipulační roboti, ale také jako roboti svařovací a stříkací. Na obrázku č.5 naleznete kinematické schéma robotu pracujícího v angulárním souřadném systému. Zajímavostí této struktury je, že druhé dvě osy jsou sice kolmé na osu první, ale samy jsou vzájemně rovnoběžné.

Pro angulární strukturu je tedy charakteristické

Angulární pracovní prostor.

Struktura navaznosti pohybu: RRR-3° Volnosti.



Obrázekč. 5 Kinematické schéma robotu pracujícího v angulárním souřadném systému.[2]

## 2.10 Pohony robotů

Pohony robotu převádějí energii na vstupu na mechanický pohyb , který je dále transformován v pohybovém ústrojí na pohyb výstupu . Při tom jsou obvykle kladeny požadavky na:

- rychlost pohybu výstupní hlavice

- přesnost nastavování jednotlivých poloh

Typy pohonů

- elektrické pohony (synchronní, stejnosměrné)

- hydraulické pohony

- pneumatické pohony

- smíšené pohony (kombinované - velmi málo používané)

Všechny uvedené typy se používají jak v lineárním (posuvném) tak rotačním provedení.

[2]

## 2.11 Uchopovací prostředky v robotice

Uchopovací prostředky můžeme dělit podle různých hledisek, například podle typů použitých akčních členů a nebo typů uchopení atd. Pro jednoznačné určení vznikli normy, které určují základní názvosloví a definuje a rozděluje do určitých kategoriích . Česká norma ČSN EN 13155 ČS určuje základní názvosloví pro uchopovací techniku jako je třeba nosnost. Nosnost udává maximální bezpečnou hmotnost co může přenášet uchopovací prostředek . Uchopovací prostředky se dělí podle normy takto nosič , svěrka , C-hák ,vidlicový závěs , traverza, břemenový magnet, vakuový uchopovací prostředek a kleště . Nejčastěji užívaný uchopovací prostředky jsou kleště , břemenový magnet ,vakuový uchopovací prostředek (přísavka ) a proto si zaslouží dalšího členění .

Břemenový magnet břemeno je neseno magnetickým polem

- a)elektrický břemenový magnet - magnetické pole je vyvoláno elektrickým proudem

b) permanentní břemenový magnet - magnetické pole je permanentní a je ovlivněno mechanickými prostředky

c) elektropermanentní břemenový magnet - magnetické pole je permanentní a je ovlivněno elektrickým proudem .

Vakuový uchopovací prostředek (přísavka)- břemeno je drženo systémem přísavek

a) samopřísavný Uchopovací prostředek- podtlak vytvoříme zatížením břemena

b) nesamopřísavný Uchopovací prostředek –podtlak vytvoří externí energie

Kleště – jsou systém s výrazným ramenovým mechanismem co sevře nebo podepře břemeno a velikost svírací síly je funkcí svislého zatížení

a)Kleště svírací – břemeno je nesené pomocí třením

b)Kleště uchopovací –nesení břemena je zajištěno podepřením tvaru

### **3 Stavebnice Bioloid premium Kit**

Firma Robotis nabízí základní komponenty pro stavbu robotů , ale také celé stavebnice ze kterých se dají sestavit různé typy robotů . Nabídka této firmy se dá rozdělit do několika bloků které jsou OLLO , Robot Platform , Dynamixel , Robot Part a Bioloid . Série Bioloid se dále dělí na Beginner ,Comprehensive ,GP, Premium ,Premium Kit . Cena stavebnice BIOLOID Premium Kit se pohybuje kolem částky 1,200.00 USD . Bioloid je výuková robotická stavebnice pro sestavování různých robotů, jako autonomní výzkumný robot, čtyřnohý robot "štěně", šestinohý robot "pavouk", robot "dinosaur", humanoidní robot atd. Studenti se mohou rychle vyzkoušet své nápady a poučit se ze svých chyb například že špatně uložené těžiště může za nestabilitu robota . Spojovací struktura je založena na vysokopevnostních plastů. Všechny spoje jsou vyhotoveny pomocí křížových šroubů, části se neopotřebují ani při vícenásobnémopotřebení.

#### **3.1 Motor AX-12**

Základní jednotkou Stavebnice Bioloid je inteligentní pohonný modul AX-12, který je vytvořen z vysokopevnostního plastu . Nabízí rotační pohyb v mnoha rychlostech, rozmanitost



vzájemných kombinací a tím i výsledných pohybů a zajímavé technické parametry. Je složen z pohonné jednotky, malé převodovky, řídicí jednotky a z měřicího členu. Pohon zajišťuje stejnosměrným motorem. Řídicí jednotka je tvořena jednočipovým procesorem, který zajišťuje kromě řízení stejnosměrného motoru také komunikaci s okolím pomocí asynchronního sériového rozhraní. Procesor aby mohl provádět úlohu řízení musí mít zpětnou vazbu, ta je zajištěna snímačem teploty, snímačem pozice a snímačem el. proudu, odebíraného motorem. Informace ze snímače odebíraného el. proudu může být například využita k výpočtu momentu na hřídeli. Jednotka AX-12 nemá žádné keramické pojistky ani jiný druh tavné pojistky. Motor před přetížením chrání procesor, který má ve své paměti uloženo maximální hodnoty proudu, teploty, momentu na hřídeli a jiných parametrů a při překročení maxima motor odpojí od napětí a po sériové lince pošle zprávu o odpojení motoru.



Obrázek č.6 Motor AX-12[5]

Hmotnost : 53,5g

Rozměry : 32mm\*50mm\*40mm

Rozlišení : 0,29°

Převodový poměr : 254:1

Točivý moment : 15kgf.cm (při 12.0V,1,5A)

Otáčky naprázdno: 59rpm

Provozní teplota : -5 až +70 °C

Napětí : 9 až 12V

Řídicí signál: Digitální paketů

Link (fyzikální): TTL

Počet adres : 254 ID (0 ~ 253)

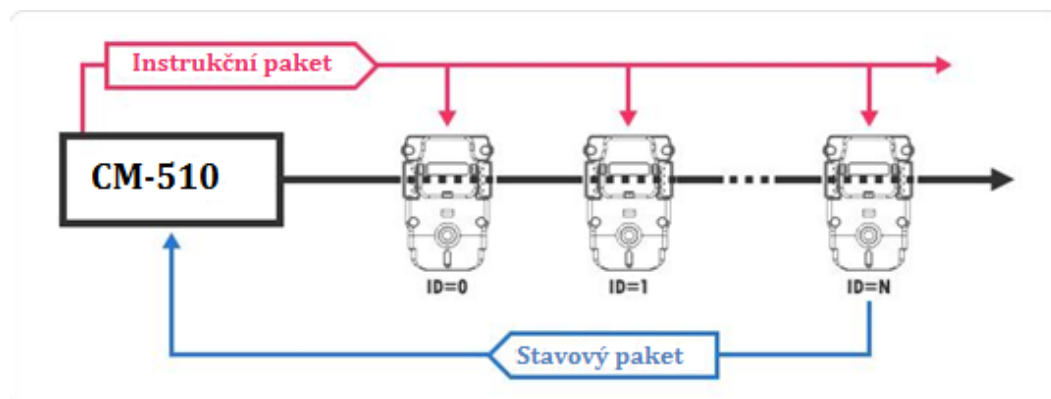
Komunikační rychlost: 7343b/s ~ 1 Mb / s

**Řízení přesnosti:** Pozice a rychlost může být řízena s přesností 1024 kroků

**Řízení odchylky:** Stupeň přesnosti může být řízený pro kontrolu pozice.

**Signalizační systém:** Při nesprávném nastavení nějakého parametru systém odpoví, že došlo k chybě a že parametr nebyl nastaven .

**Komunikace:** Spojování jednotlivých bloků je jednoduché, protože funguje na principu spojování bloků do řetězu a podporuje komunikaci do rychlosti 1 Mb/s.



Obrázek č.7 Motor AX-12 – řízení

**Distribuované řízení:** Při zadání ID = 254 je zpráva určena pro všechny jednotky zprávu obdrží, ale neodpovídají.

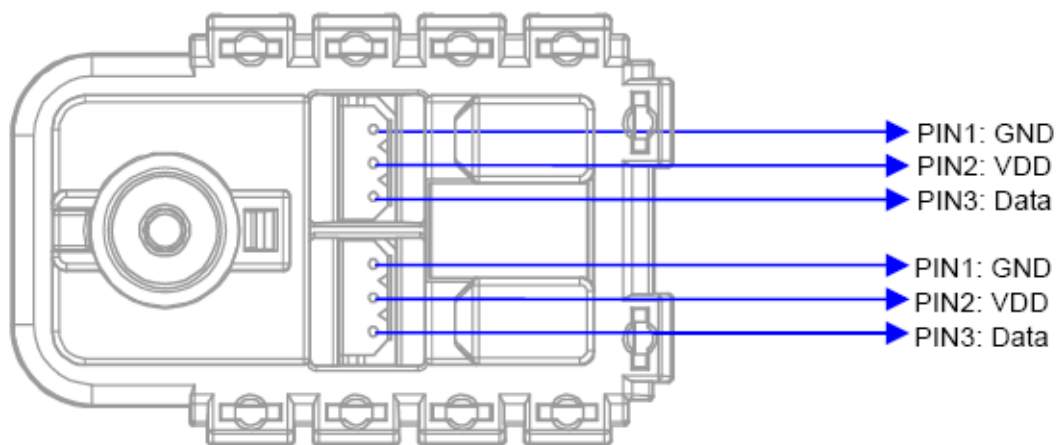
**Průmyslový plast:** Vnější plast jednotky je z vysoce kvalitního průmyslového plastu, který umožňuje přenášení vysokých točivých momentů.

**Výstupní ložisko:** Na výstupní ose bloku je umístěno axiální ložisko tak, aby vysoké

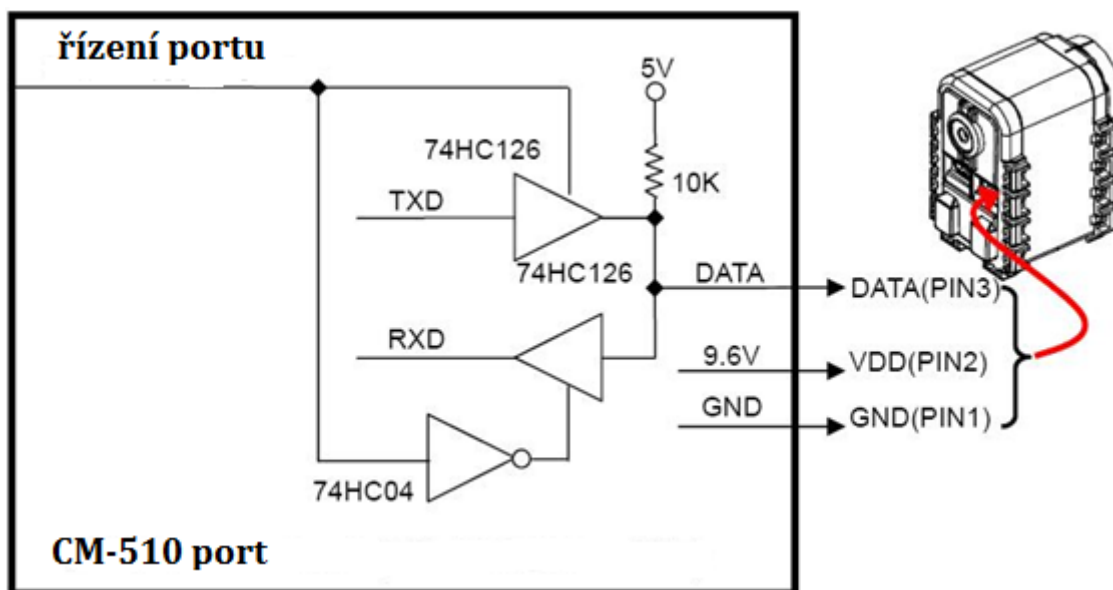
točivé momenty a zatížení neporušily stavbu motoru.

**Signalizační LED:** LED dioda indikuje přetížení motoru .

Přiřazení pinů je na obrázku č.8-9. Oba dva konektory jsou propojeny, proto můžeme připojení pouze jednoho konektoru bez omezení funkce .



Obrázek č.8 Piny AX-12 [5]



Obrázek č.9 Poloduplexní UART

Komunikace mezi jednotkami probíhá po poloduplexní asynchronní sériové lince . Procesor používá systém s vysokou impedancí pro ušetření počtu pinů .Vždy před vysíláním provede přepnutí do vysílacího módu a naopak vypne svůj přijímací pin, aby nedocházelo k nežádoucí ozvěně. Vysílaný rámec sestává z jednotlivých 8 bitových znaků s jedním stop bitem bez parity. Všechny servomotory jsou připojeny na stejný datový vodič, proto je nutné, aby měl každý svou unikátní adresu, svoje ID. Hlavní kontrolér nejdříve posílá instrukční paket obsahující ID, instrukci a data. Následně jednotka odpovídá stavovým paketem, který obsahuje stav jednotky případně vyžádaná data.

### 3.1.1 Instrukční paket



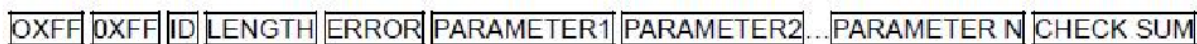
Obrázek č.10 Instrukční paket [5]

Struktura instrukčního paketu je taková , že nejprve odešle dvakrát za sebou hodnotu 0xFF . Poté ID je unikátní adresa jednotky pro kterou je správa určena . Následuje délka

(length) ta je určena počtem parametrů . Instrukce na jen 7 nožných operací čtení ,zápis apod. Parametr je závislý na instrukci a na délce(length). Parametr obsahuje většinou adresu v kontrolní tabulce a co se do ní má zapsat . CheckSum neboli kontrolní součet se používá pro ověření správnosti přijatého paketu .

$$Checksum = \sim (ID + Délka + Instrukce + Parametr1 + ...ParametrN)$$

### 3.1.2 Stavový paket( zpětný paket)



Obrázek č.11 Stavový paket [5]

Stavový paket je odezva jednotky na instrukční paket . Struktura stavového paketu je obdobná jako instrukční paket s tím rozdílem , že instrukce je nahrazena chybovým bytem. Rozborem chybového bytu jsme schopni zjistit stav jednotky, jestli instrukční paket byl přijat správně a jestli instrukce se vykonala. V poli parametru odpovídá na instrukci čtení .

Tabulka č. 1 Struktura chybového bytu

Bit	Název	Detail
Bit 7	0	-
Bit 6	Chyba instrukce	Nastaven při zaslání neidentifikovatelné instrukci nebo je instrukce k akci poslána bez „Reg_write“ instrukce
Bit 5	Chyba přetížení	Nastaven pokud nastavený maximální moment není schopen překonat připojenou zátěž
Bit 4	Chyba kontrolního součtu	Nastaven pokud je nesprávný kontrolní součet.
Bit 3	Chyba rozsahu	Nastaven pokud je zasláná instrukce mimo nastavený rozsah.
Bit 2	Chyba přehřátí	Nastaven pokud vnitřní teplota jednotky Dynamixel je nad stanovenou mez stanovenou v kontrolní tabulce.
Bit 1	Chyba limitu úhlu	Nastaven pokud je cílová pozice mimo stanovené limity (CW Angle Limit a CCW Angle limit).
Bit 0	Chyba velikosti	Nastaven pokud je napětí mimo povolené provozní

### 3.1.3 INSTRUKČNÍ SOUBOR

Jednotky AX-12 podporují celkem 7 instrukcí. Pomocí nich se zařizuje veškerá práce a ovládání.

**Tabulka č.2 Instrukční soubor**

Instrukce	Funkce	Hodnota	Počet parametrů
PING	Bez akce, slouží pouze k vyžádání Stavového paketu	0x01	0
READ DATA	Slouží ke čtení hodnot z kontrolní tabulky	0x02	2
WRITE DATA	Zapisuje hodnoty do kontrolní tabulky	0x03	2 ~
REG WRITE	Podobné jako WRITE DATA, ale před vykonáním vyčká na ACTION instrukci	0x04	2 ~
ACTION	Spouští akci registrovanou instrukcí REG WRITE	0x05	0
RESET	Nastaví hodnoty v kontrolní tabulce do továrního nastavení	0x06	0
SYNC WRITE	Užívá se pro řízení více motorů Dynamixel v jeden okamžik	0x83	4 ~

### **3.2 Řídicí jednotka CM-510**

Řídicí jednotka je nejdůležitější součástka stavebnice . Slouží jak pro řízení servomotoru a senzorů, ale také pro komunikaci s okolím a komunikací s PC . Jednotka CM-510 je osazena procesorem atmega2561 .





Obrázek č.12 Řídící jednotka CM-510 [6]

PC Link (sériový kabel): Slouží k připojení sériového kabelu k CM-510 a PC přes sériový port. Používá pro komunikaci s jinými počítači nebo stažením programu.

Komunikační připojení zařízení Jack: Používá se pro bezdrátovou komunikaci s ZIG-110, IR přijímač modulů nebo jiných desek.

Baterie Jack: Používá se k připojení k baterií.

Napájecí konektor: Slouží k připojení napájení externího zdroje

Power LED: zapnutí a vypnutí LED pro napájení

Vypínač: Slouží k zapnutí robota ON / OFF.

Tlačítko MODE: Používá se ke změně provozního režimu v CM-510.

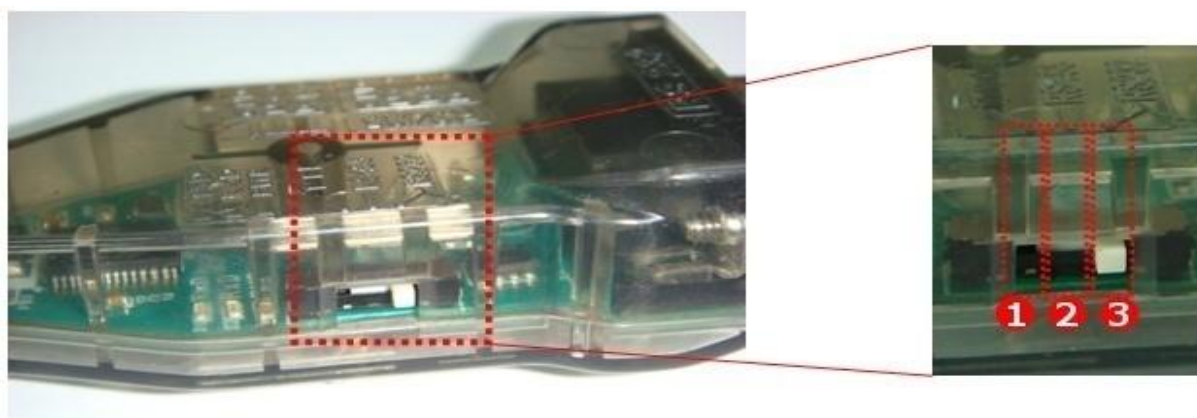
START Tlačítko: slouží ke spuštění vybraného režimu.

U / L / D / R Tlačítko: Používá se pro vstup účely, do program . Tato tlačítka lze použít k odesílání příkazů k robotu.

AX-12 + BUS Port: Používá se k připojení AX12 +.

Režim zobrazení LED: LED pro zobrazení aktuálního provozního režimu CM-510.

### 3.3 USB2Dynamixel



Obrázek 13 USB2dynamixel [6]

USB2dynamixel je multifunkční rozhraní které převádí port USB na RS-232 ale také 3P a 4P konektory jsou určeny k přímému přístupu k jednotce AX-12 . USB2dynamixel může částečně nahradit řídicí jednotky CM-2, CM-2+ , CM-5 a CM-510 . Pokud chceme bezdrátově řídit robota pomocí ZIG2serial můžeme využít převodník UBS2dynamixel.

## **4 Antropomorfní chapadlo**

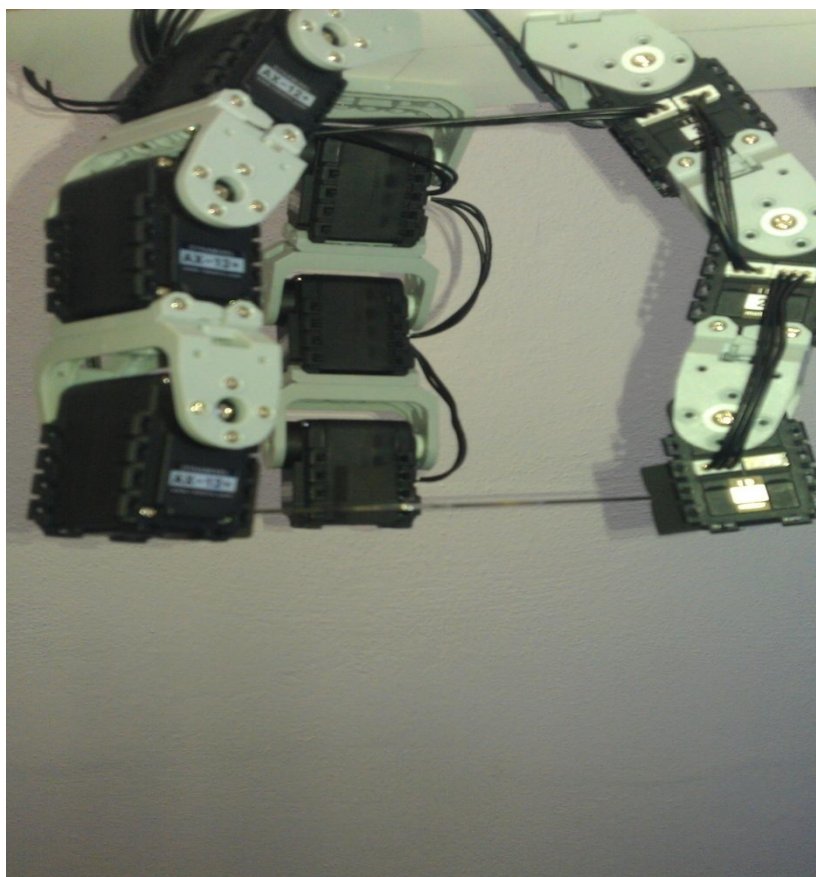
Antropomorfní (víceprstá) chapadla jsou určena pro uchopování předmětů různých tvarů a velikostí. První antropomorfní chapadla se snažila o podobnost s lidskou rukou. Díky pohyblivosti prstů mohou manipulovat s objektem při uchopení. Tento typ uchopení se často používá v nestrojírenských oblastech, včetně netradičních aplikací jako je manipulace s předměty pod vodou nebo v kosmickém prostoru. Používá se u různých typů mobilních robotů s manipulační nástavbou, dvounohých kráčejících robotů či jako náhrady amputovaných horních končetin. V praxi se využívají různé druhy konstrukcí a počet prstů závisí vždy na konkrétní aplikaci.

V tomto projektu byly použity tři prsty. Při použití dvou prstů je nutné vyvinout velký moment a tvarové uchopení není kvalitní při uchopování kulových předmětů. Čtyři prsty, které jsou rozmístěny tak, že tři prsty jsou v jedné řadě a jeden prst je v opozici, úchop kulových předmětů příliš nezlepší. Při rozmístění čtyř prstů do kruhu se tvarový úchop kulových předmětů zlepší, ale silový úchop je neefektivní. Tři prsty tvoří kompromis mezi silovým a tvarovým úchopem.

Každý prst se skládá ze třech rotačních kloubů. Každý kloub je vytvořen z motoru AX-12. Jeden rotační kloub zajišťuje velký moment síly a uchopení typu kleště a je snadno

řiditelný, ale má špatný tvarový úchop. Dva rotační klouby mají dobré vlastnosti pro statický úchop, ale tvarový úchop pro kulové předměty je stále nízký. Čtyři rotační vazby mají dobrý tvarový úchop, ale přenáší se velké momenty na rotační vazbu a to klade velké nároky na tuhost a na přesnost rotační vazby. Kompromisem je použití tří rotační vazby jak z hlediska tvarového úchopu, tak i z přesnosti rotačních vazeb. Prsty nejsou uloženy lineárně, ale jsou vzájemně pootočený o  $120^\circ$ .

Základna pro prsty musí být dostatečně pevná, aby se při přenášení momentu z prstů nedeformovala a současně musí být dostatečně lehká, aby nesnižovala účinnost uchopovače. Pro tuto práci je nejvhodnější destička z plastu díky snadné opracovatelnosti a pevnosti. Na obrázku č.14 je vidět uchopovač.



**Obrázek č. 14 Uchopovač**

Po sestavení uchopovacího zařízení bylo třeba vytvořit ovládací software z toho důvodu, že na trhu není dostupná aplikace pro uchopovače, která by podporovala variabilní sestavení. Pro umístění software byli dvě možnosti – první, že ovládací software bude umístěn v řídicí jednotce CM-510 a ovládání bude z periferie řídicí jednotky. Tato varianta není příliš

vhodná kvůli její složitosti. Druhá varianta je, že ovládací software je umístěn v počítači. Při řízení z počítače se z řídicí jednotky CM-510 stává jen převodník z RS-232 na RS-485 . Díky použití počítače můžeme použít větší výpočetní výkon, větší paměť a také objektivě orientované programovací jazyky.

Nejprve bylo třeba zvážit podobu aplikace, aby následně nebyl ztracen čas při neustálém předělávání. Proto byly zpracovány tzv. funkční a nefunkční požadavky.

Funkční požadavky:

**Tabulka č.3 Funkční požadavky**

1.	Aplikace bude umožňovat nastavení úhlu jednoho motoru.
2.	Aplikace bude umožňovat nastavení rychlost jednoho motoru.
3.	Aplikace bude umožňovat nastavení úhly všem motorům na jednou .
4.	Aplikace bude umožňovat nastavení rychlosti všem motorů na jednou .
5.	Aplikace bude umožňovat nastavení jeden krok animace .
6.	Aplikace bude umožňovat nastavení pětikrokovou animaci .
7.	Aplikace bude umožňovat přehrání animace .
8.	Aplikace bude umožňovat přehrát animaci pozpátku .
9.	Aplikace bude umožňovat načítání uhlů motorů .
10.	Aplikace bude umožňovat odblokování motorů .
11.	Aplikace bude umožňovat ukládání animace.
12.	Aplikace bude umožňovat načítání animace.
13.	Aplikace bude umožňovat načítání jednoho kroku animace.
14.	Aplikace bude umožňovat uložení jednoho kroku animace.

Nefunkční požadavky:

**Tabulka č. 4 Nefunkční požadavky**

1.	Aplikace bude napsaná v programovacím jazyce C#
2.	Aplikace bude pro PC s USB nebo RS-232
3.	Aplikace bude provozována v systémech Windows
4.	Aplikace bude provozován na PC

Komunikace mezi počítačem a řídicí jednotkou CM-510 je pomocí poloduplexní sériové linky RS-232. Pro správnou komunikaci je nutné zjistit vlastnosti této linky. Nejdůležitějšími vlastnostmi jsou - přenosová rychlost, počet efektivních bitů, použití sudé nebo liché parity, použití start stop bitu, maximální délka paketu. Po zjištění nastavení byla vytvořena třída *Port*. Tato třída má naimplementovanou knihovnu *System.IO.Ports*, tato knihovna obsahuje třídu, která zajišťuje komunikaci se sériovým portem. Třída *Port* má ve vnitřních proměnných maximální délku zásobníku, čekací čas, komunikační rychlost, typ parity a atd. Nejdůležitější vnitřní proměnou je třída *SerialPort* ze které se dědí vlastnosti pro komunikaci se sériovou linkou. Třída *Port* obsahuje metody pomocí kterých můžeme přistupovat k sériové lince. Metoda *KontrolaOtevreniPortu* nemá žádný parametr a vrací, zda je port otevřen nebo uzavřen. Metoda *OtevriPort* má jen jeden parametr a to je název portu, který má otevřít při otevření portu tato metoda zablokuje jiným aplikacím přístup k tomuto portu. Metoda *Zapis* má dva parametry - jeden je pole bitů a druhý je kolik bytu má odeslat. Metoda *Cteni* nemá parametr, ale vrací zásobník. Třída *Port* má v sobě systém ohlašování chyb při překročení určitého počtu chyb systém doporučí vypnutí programu a řídicí jednotky CM-510.

**Tabulka č.5 Metod a proměnné třídy Port**

private int pocetError = 0;
private bool uk = false;
const int HeaderSize = 4;
const int PacketLengthByteInx = 3;
const int BufferSize = 1024;
const int MaximuTimesTrying = 250;
const int WaitTime = 5;
private string portName = "COM4";
private byte[] buffer = new byte[BufferSize];
private SerialPort sPort = new SerialPort();
public bool KontrokaOtevreniPortu()
public bool OtevriPort(string nazevPORTu)
public void UzavriPort()
public void cleanConnention()
public byte[] Dotaz(byte[] zasobnik, int pocet)
public void Zapis(byte[] yasobnik, int pocet)

```
public byte[] Cteni()
```

Pro správnou komunikaci je důležité mít správně sestavený paket. Pro sestavování paketů byla vytvořena samostatná třída. Je to třída *KontrolaPaketu*, která má jen jednu vnitřní proměnou. Ta počítá, kolik nastalo chyb při překročení určeného počtu chyb třída a následně dá hlášení, že došlo k velkému počtu chyb a doporučí vypnout program a řídicí jednotku CM-510. Ve třídě *KontrolaPaketu* je nejdůležitější metoda *public byte soucet(byte[] zasobnik,int delka)*, která má vstupní parametry zásobník a jeho užitečnou délku. Metoda *soucet* zpracuje užitečnou délku zásobníku a vrátí kontrolní byt.

**Tabulka č.6 Metody a proměnné třídy KontrolaPaketu**

private int pocitadloErroru = 0;
public byte soucet(byte[] zasobnik,int delka)
public bool NastaveniUhlu(Port sPort, int ID, int Uhel)
public void NastavRidiciJednotku(Port sp2d)
public bool NastavRychlost(Port sPort, int ID, int Rychlost)
public int CtiUhel(Port sPort, int ID)
public int CtiRychlost(Port sPort, int ID)
public byte[] XXX(Port sPort, int ID, int Uhel)
public bool OdblokovaniMOtoru (Port sPort, int ID)

V programu je potřeba přistupovat k datům jako jsou adresy motorů, úhly natočení jednotlivých motorů a jejich rychlostí, a jiných důležitých údajů pro řízení uchopovače. Pro tento účel byla vytvořena třída *SeznamMotoru*, která má vnitřní proměnné. Mezi vnitřní data patří také konstruktor třídy *KontrolaPaletu*, který zaručuje, že třída *SeznamMotoru* zdědí vlastnosti z třídy *KontrolaPaletu*. Tato třída je také opatřena počítadlem chyb, pokud dojde k velkému počtu chyb, systém doporučí ukončení programu a vypnutí řídicí jednotky CM-510.

**Tabulka č.7 Metody a proměnné třídy SeznamMotoru**

private int pocetErroru = 0;
private int krok = 0;
private int[, ] pole=new int[5,9,3];
private KontrolaPaketu kontrolaPaketu = new KontrolaPaketu();
public SeznamMotoru()
public void UkKrok(int a)
public void UlozUhel(int[] Uhhel,Port sPort)
public void UlozRychlost(int[] Rychlost, Port sPort)



public int[] UloyVse()
public void NactiVse(int[] vktor)
public int VradUkayatel()
public void Animace(int UK, Port sPort)
public void ODBlokuj(Port sPort)
public int[] UceniPozice(Port sPort)
public int[] UloyJedenKrok()
public void NactiJedenKrok(int[] vktor)
public int[] UkayJedenKrokPoyice(Port sPort)

## 5 Popis aplikace

Na obrázku č.15 je zobrazeno uživatelské rozhraní.



Obrázek č. 15 Uživatelské rozhraní

Tlačítko *Názvy portů* si při kliknutí vyžádá všechny názvy sériových portů a vypíše je do *comboBoxu*. Z *comboBoxu* vybereme název portu, na který se chceme připojit a poté stiskneme tlačítko *Připojení*. Toto tlačítko vytvoří připojení k vybranému portu a pošle inicializační paket pro řídicí jednotku CM-510, aby se chovala jako převodník z RS-232 na RS-485. Tato operace vyvolá informační okno o správném nebo špatném nastavení řídicí jednotky CM-510. Tlačítka *Načtení kroků*, *Uložení kroků*, *Načtení krok* a *Uložení kroku*

využívají *FileDialog*. Pro vizuální kontrolu dat, která ukládáme nebo načítáme, slouží *listBox*. Tlačítka *Krok 1* až *Krok 5* ukazují, ve kterém kroku se aplikace nachází. Pomocí jezdců ve žlutém poli je možné nastavit úhel jednotlivých motorů a pomocí jezdců v červeném poli je možno nastavit rychlost jednotlivým motorům. Tlačítko *Ulož krok* při stisknutí sejme hodnoty z jezdců a tyto hodnoty uloží do příslušného kroku a tyto hodnoty předá motorům. Tlačítko *Ukaž krok* při stisknutí nastaví jezdce podle příslušného kroku a nastaví motory podle příslušného kroku. Tlačítka *Přehraj animaci* a *Přehraj animaci pozpátku* provede v určeném pořadí jednotlivé kroky. Tlačítko *Uvolni Motory* při stisknutí vyšle signál pro uvolnění všech motorů. Při stisknutí tlačítka *Zapamatování polohy* systém načte hodnoty natočení motorů a uloží je do příslušného kroku a nastaví hodnoty jezdcům.

## 6 Testování uchopovače a ovládacího softwaru

Testování bylo rozděleno na dvě části – první část se zaměřuje na testování softwaru a druhá část testování byla zaměřena na schopnost uchopovače uchopit předměty různých velikostí, tvarů a hmotností.

Před začátkem testování softwaru byla vytvořena analýza možných poruch a událostí, které by mohly nepříznivě ovlivnit chod aplikace. Při testování byla ověřena stabilita softwaru. Z analýzy bylo zjištěno, že systém je citlivý na správnost vstupních dat. A proto bylo testováno, co se stane, když je načten soubor, který obsahuje data ve špatném formátu, např. text. Software zobrazil text a vyvolal okno, které informovalo o tom, že vstupní data jsou ve špatném formátu. Dále bylo testováno, zda při ukládání dat byl zadán korektní název souboru a přípona. V případě, že se tak nestalo, aplikace tyto informace sama doplní. Posledním testem bylo vyzkoušeno, jak se aplikace zachová při přerušení spojení sériové linky. Při přerušení spojení aplikace zobrazí chybovou hlášku.

Při testování uchopovače bylo testováno schopnost uchopit různé typy předmětů, které je liší tvarem, velikostí a hmotností. Pro testování byly vybrány kulové, krychlové, válcové předměty a předměty obecného tvaru.

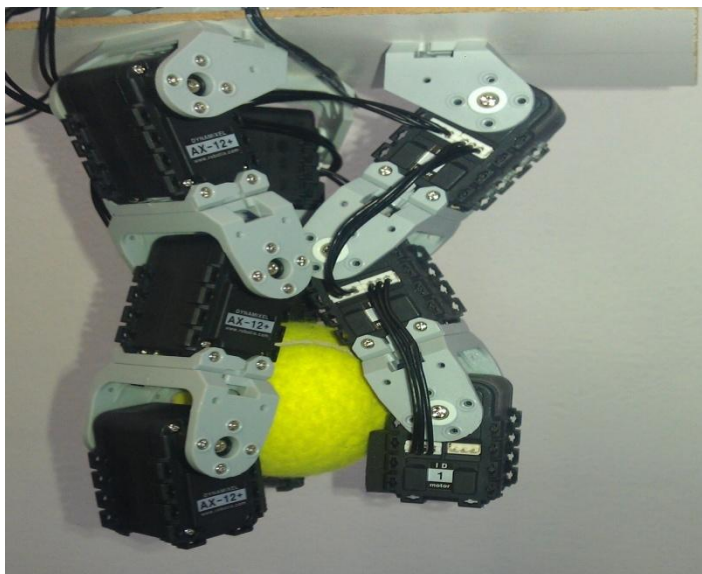
První série testů se zaměřila na uchopení kulových předmětů o průměru od 7 cm do 15 cm, jejichž hmotnost nepřesáhla 1 kg. Tyto předměty uchopovač bezpečně uchopil. Předměty

kulového tvaru o průměru od 15 cm až 20 cm a hmotností nepřesahující 1 kg. Uchopovač byl schopen uchopit předmět ale uchopení bylo nestabilní.



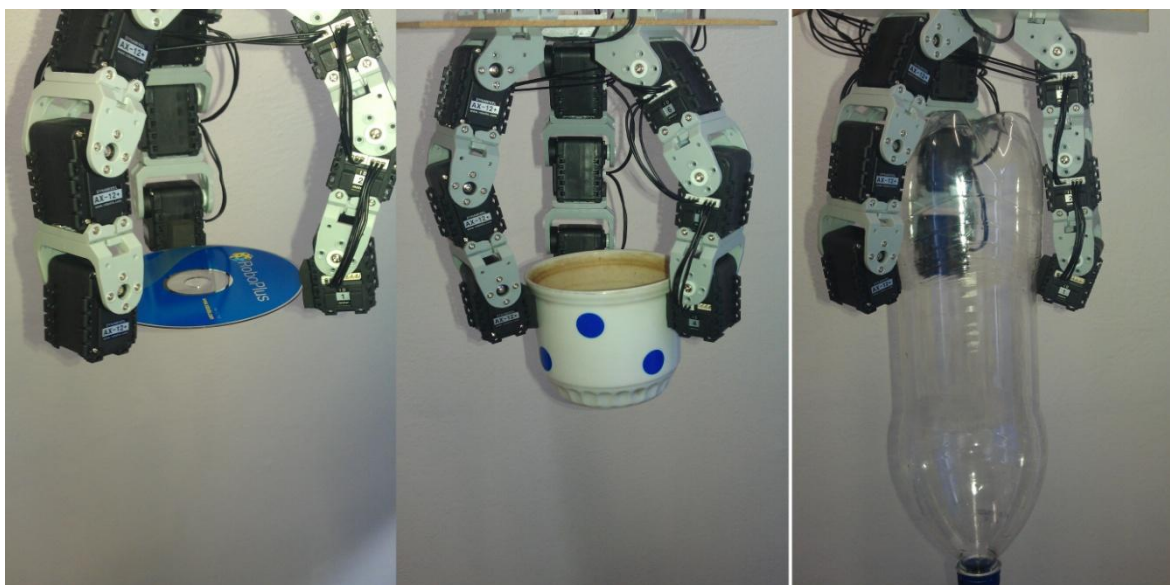
**Obrázek č.16 Uchopení fotbalového míče**

Dále bylo zjištěno, že uchopovač nedokáže uchopit kulové předměty, které mají průměr větší než 20 cm. Pro testování předmětu kulového tvaru s průměrem menší než 7 cm a hmotnosti do 1 kg byl použit jiný typ úchopu. Při testování bylo zjištěno, že uchopení je stabilní a také bylo zjištěno, že uchopovač nedokáže uchopit kulový předmět o průměru menší než 2 cm.



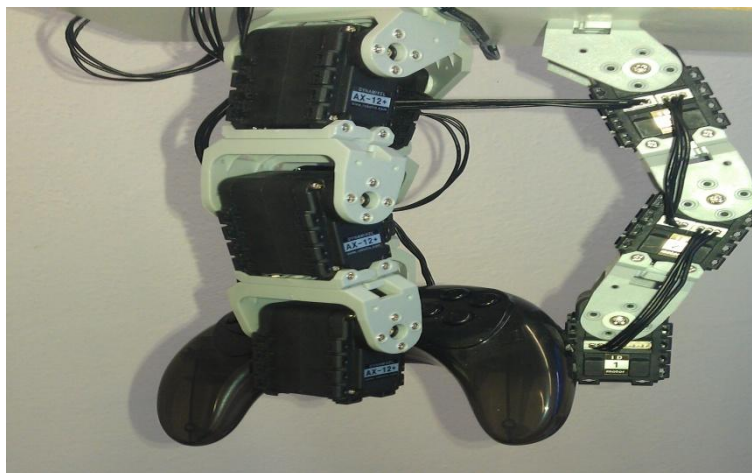
**Obrázek č.17 Uchopení míčku na tenis**

Druhá fáze testování byla zaměřena na schopnost uchopovače uchopit předměty tvaru válce. Bylo zjištěno, že válcové předměty v rozsahu průměru od 2cm až do 20 cm a hmotnosti menší než 1 kg dokáže bezpečně uchopit.



**Obrázek č.18 Uchopení CD, hrníčku a plastové lahve**

Třetí fáze testování byla zaměřena na předměty uchopení předmětů obecného tvaru. V této fázi bylo zjištěno, že uchopovač je schopen uchopit předměty, které nepřesahují virtuální krychli o rozměrech 20x20x20 cm a hmotností menší než 1 kg. A také bylo zjištěno, že uchopovač není schopen uchytit předměty menší než 2x2x2 cm. V rámci tohoto testu byl uchopovač úmyslně přetížen a bylo zjištěno že při přetížení akčních členů uchopovače se nezničí, ale automaticky se odpojí od napájení.



**Obrázek č.19 Uchopení dálkového ovladače**

Navržený uchopovač by mohl mít uplatnění v aplikacích, ve kterých je potřeba uchopovat předměty o malé hmotnosti zhruba do jednoho kilogramu a rozměrech menší než 20x20x20cm. Tento uchopovač může být připevněn k ramenu robota. Před použitím v průmyslu je nutné uchopovač mírně upravit. Jedna z nutných úprav by byla změna základny pro upevnění prstů. Další možnou úpravou je umístění převodníku z RS-232 na RS-485 místo řídicí jednotky CM-510.

## 7 Závěr

Výsledkem této práce je funkční uchopovač a ovládací software, který splňuje všechny požadavky a je připraven k použití v laboratoři nebo v učebně. Byly splněny všechny body zadání, ověřena funkčnost. V této práci bylo učiněno mnoho rozhodnutí a překonáno několik překážek. Nejprve se muselo rozhodnout, o jaký typ uchopovače se bude jednat a po zvážení bylo vybráno antropomorfní chapadlo. Po určení druhu uchopovače bylo nutné určit počet prstů a jejich rozmístění. Po úvaze byly zvoleny 3 prsty, a že jejich rozmístění bude na kružnici o poloměru 6 cm a zájemně posunutě o  $120^\circ$ . Po určení počtu prstů a jejich rozmístění bylo nutné určit, kolik kloubů bude mít prst. Pro určení počtu kloubů v prstu byla inspirací lidská ruka a proto bylo zvoleno, že prst bude mít 3 klouby. Mezi důležité rozhodnutí patřilo, z jakého materiálu bude základna pro upevnění prstů. Při práci na tomto uchopovači se narazilo na několik překážek. Jedna z největších překážek byla, že řídicí jednotka CM-510 nemá ve svých katalogových listech uvedenu přenosovou rychlost RS-232 a jiné důležité údaje o sériové lince. Tato překážka byla překonána prostudováním programů, které byly určeny pro řídicí jednotku CM-510. Po překonání překážek byl uchopovač a software dokončen. Důležitou částí této práce bylo testování schopností uchopovače uchopit předměty různých tvarů. Při testování možností uchopovače byly překonány naše předpokládané možnosti tohoto uchopovače. Při testování také bylo zjištěno, že schopnosti uchopovače by byly větší, kdyby motory AX-12 neměly nastavený omezený momentu na tak nízké úrovni.

## 8 Použitá literarůra

[1] Robotika I.: Historie robotiky. [online]. [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://programujte.com/clanek/2006022101-robotika-i/>

[2] Robotika1-1. [online]. s. 13 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <https://www.mapik.net/TUL/index.php?path=1321>

[3] Kinematika: Kinematika. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kinematika>

[4] ŠOLC, František a Luděk ŽALUD. ROBOTIKA. In: *ROBOTIKA* [online]. BRNO, 2002, 1.10.2002 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: [http://matescb.skvorskmal.cz/robotika\\_kybernetika/VUT\\_Brno\\_Robotika.pdf](http://matescb.skvorskmal.cz/robotika_kybernetika/VUT_Brno_Robotika.pdf)

[5] *AX-12+ Manual* [online]. 2006 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://www.agaverobotics.com/products/servos/robotis/ax12/ax12-protocol.aspx>

[6] ROBOTIS e-MANUAL. *ROBOTIS e-Manual v1.09.00* [online]. 2010 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://support.robotis.com/en/>